

EINFACH- UND WAHLREAKTIONSVERSUCHE BEI
HANDBALLSPIELERN UND NICHTSPORTLERN

MATTHIAS ANTHUBER

1986

*Diss
München*

Aus dem Institut für Medizinische Psychologie der
Universität München
Vorstand: Prof. Dr. Ernst Pöppel

Einfach- und Wahlreaktionsversuche bei
Handballspielern und Nichtsportlern

Inaugural-Dissertation zur Erlangung der Doktorwürde
in der gesamten Medizin an der
Ludwig Maximilians-Universität zu München

vorgelegt von

Matthias Anthuber

aus Simbach/Inn

1986

**Mit Genehmigung der Medizinischen Fakultät
der Universität München**

Berichterstatter: Prof. Dr. E. Pöppel

Mitberichterstatter: PD Dr. U. Mitzdorf

Dekan: Prof. Dr. W. Spann

Tag der mündlichen Prüfung: 6.05.86

Danksagung

Ich möchte an dieser Stelle Herrn Prof. Dr. Ernst Pöppel für die kritische Anleitung und die Hilfestellungen bei der Entstehung dieser Arbeit danken.

Außerdem gilt mein Dank Herrn David Carr für die große Unterstützung bei der Datenverarbeitung, Frau Gabriele Weiler für die Anfertigung der Abbildungen und Frau Brigitte Jordan für die Textverarbeitung.

Ich widme diese Arbeit meinen Eltern und meinen Brüdern, sowie jenen Spielern meiner Mannschaft, ohne deren aktive Mitarbeit diese Arbeit nicht hätte entstehen können.

Inhaltsverzeichnis

	Seite
I. Einleitung	1
II. Experimenteller Teil	8
1. Beschreibung der Versuchspersonen	8
1.1. Kontrollgruppe	8
1.2. Experimentelle Gruppe	8
2. Versuchsdurchführung	8
2.1. Befindlichkeitstest (BfS-Test)	9
2.2. Click-Fusion	10
2.3. Reaktionszeiten	11
III. Ergebnisse	16
3.1. Befindlichkeitstest mit Hilfe der Befindlichkeitsskala	16
3.2. Messung der Click-Fusion	20
3.3. Reaktionszeitmessungen	22
3.4. Fehleranalyse in den Wahlreaktions- bedingungen	30
IV. Diskussion	36
4.1. Befindlichkeitstest	36
4.2. Click-Fusionsschwellen	39
4.3. Reaktionszeitversuche	42
4.4. Fehleranalyse in den Wahlreaktions- bedingungen	48
4.5. Reaktionszeiten und Intelligenz	49
V. Zusammenfassung	51
VI. Literatur	54

1. Einleitung

Hinsichtlich vieler menschlicher Eigenschaften und Fähigkeiten ist man bis heute nicht in der Lage, eindeutige Aussagen darüber zu machen, ob sie im wesentlichen angeboren oder erworben sind. Auf der Grundlage pathologischer und humanbiologischer Untersuchungen konnte man beispielsweise zeigen, daß Stoffwechselerkrankungen wie die Phenylketonurie ausschließlich durch Veränderungen in der Erbanlage bedingt sind (Bleuler, 1969). Auch konnte für die Schizophrenie nachgewiesen werden, daß es sich hier um eine Krankheit handelt, die erst durch das Zusammenwirken genetischer und peristatischer Faktoren manifest wird (Schulte und Tölle, 1973). Aber über die Grundlagen geistiger Fähigkeiten des Menschen, bzw. der menschlichen Intelligenz im allgemeinen, können bis heute nur Vermutungen angestellt werden, und es herrscht nach wie vor Unklarheit über das Ausmaß des genetischen bzw. des Umwelt-Anteils.

Gerade die Erforschung der menschlichen Intelligenz war seit jeher eine Herausforderung für die Psychologie (vgl. z.B. Pöppel, 1982). Doch allein die Tatsache, daß es bis heute nicht gelungen ist, eine allgemein akzeptable Definition des Begriffs "Intelligenz" zu formulieren, läßt erkennen, wie lückenhaft der heutige Wissensstand ist. Eine Aussage von G. Ekman (1960) möge verdeutlichen, daß noch grundsätzliche Probleme ungelöst sind: "Der Intelligenzbegriff hat sich mit der Entwicklung der Untersuchungsmethoden ständig verändert, immer noch ist die "Natur" der Intelligenz nicht vollständig bekannt". W. Stern und E. Claparède (1960) gaben folgende Definition: "Unter Intelligenz versteht die moderne Psychologie jene allgemeine Fähigkeit, durch welche der Mensch neuen

Anforderungen des Lebens mit Hilfe von Denkleistungen zu entsprechen vermag." Es muß jedoch bezweifelt werden, ob es sinnvoll und ausreichend ist, eine Definition der Intelligenz nur auf Denkleistungen zu beschränken.

An dieser Situation hat sich auch in den letzten Jahren nichts geändert. So kritisiert Jensen (1982) beispielsweise, daß Intelligenz tatsächlich von vielen Psychologen so angesehen werde, als bestünde sie aus nichts anderem als dem erworbenen Wissen und Handfertigkeiten. Jensen weist beispielsweise darauf hin - und dies wird für die vorliegende Arbeit von Bedeutung sein -, daß Reaktions-schnelligkeit eine signifikante Korrelation mit dem Intelligenzquotienten aufweist, obwohl Reaktionsschnelligkeit zunächst nichts mit "Denken" zu tun hat bzw. zu haben scheint.

Es scheint also derzeit nicht möglich zu sein, eine exakte Definition für menschliche Intelligenz zu geben. Immer noch muß man sich auf verallgemeinernde Umschreibungen und Charakterisierungen der Grundlagen und der möglichen Entwicklung der menschlichen Intelligenz beschränken. Mit der Bezeichnung einer Person als intelligent bezieht man sich meist auf deren Fähigkeit, verschieden gelagerte Probleme mit adäquaten Lösungen in entsprechend kurzer Zeit zu bewältigen, d.h. Fähigkeiten, die der menschlichen Intelligenz zugeordnet werden können, werden am Ergebnis der zentralen Informationsverarbeitung von psychischen und psychomotorischen Leistungen erkennbar. Dazu sind sowohl angeborene als auch erworbene Fähigkeiten erforderlich, vergleichbar mit einem Computer, der auch nur durch das sinnvolle Zusammenwirken von Hardware und Software seine volle Leistungsfähigkeit entfalten kann,

obwohl hiermit nicht gesagt sein soll, als funktioniere das menschliche Gehirn genauso wie ein Computer.

Uneinigkeit herrscht darüber, welche einzelnen Fähigkeiten aus dem Gesamtspektrum menschlicher Fähigkeiten zur Bewertung von Intelligenz herangezogen werden sollen. Einig ist man sich nur darüber, daß Begabungen zum Beispiel im Rechnen, sprachlichen Ausdruck und räumlichen Vorstellungsvermögen als Kriterien zur quantitativen Intelligenzbestimmung verwendet werden können (vgl. z.B. Gleitmann, 1981; Hofstätter, 1957, 1984). Es gehören aber sicher auch Fähigkeiten einer adäquaten Kommunikation mit der Umwelt dazu. Darunter ist zu verstehen, daß man äußere Ereignisse rasch wahrnimmt und mit der notwendigen körperlichen Gewandtheit schnell darauf reagiert, was auch in den Überlegungen von Jensen (1982) impliziert ist. Dies ist insofern von Bedeutung, als die häufigste Antwort auf ein Wahrnehmungserlebnis nach außen hin sichtbare Bewegung ist, gesteuert durch das Zusammenwirken von Nerven- und Muskelstrukturen. Beide Systeme sind offensichtlich allen gesunden Menschen in gleicher anatomischer Struktur und prinzipieller Funktionsweise von Natur aus gegeben, und doch erkennt man zum Teil erhebliche Unterschiede im Bewegungsausdruck von Mensch zu Mensch. Sie mögen zum einen genetische Ursachen haben. Sicherlich spielen aber auch individuell verschiedene Entwicklungen eine Rolle.

Hier sei nun besonders auf den Sport hingewiesen, der gerade im Kindes- und Jugendalter positive Einflüsse auf die Ausbildung der motorischen Fähigkeiten nimmt oder zumindest nehmen kann. Welche einzelnen Anteile des motorischen Systems dabei verbessert werden, läßt sich bisher nur schwer abschätzen. Jedoch kann eine Verbesserung von

motorischen Fähigkeiten an vor allem zwei Bewegungskomponenten festgestellt werden. Zum einen an der Koordination, d.h. dem optimalen zeitlichen Ineinandergreifen von Aktionen verschiedener Muskelgruppen als Grundlage für eine sowohl exakte als auch ökonomische und flüssige Bewegung. Zum anderen an der Schnelligkeit, mit der eine Bewegung ausgeführt wird, denn letztlich kann nur eine zeitgerecht arbeitende Motorik die Anforderungen der Umwelt an den Menschen und die des Menschen an sich selbst erfüllen. Der Reaktionsschnelligkeit kommt also eine erhebliche Bedeutung zu.

Um die Frage nach der Reaktionsschnelligkeit zu behandeln, muß man zunächst definieren, was man unter Reaktionszeit versteht. Man kann sie als die Zeit bezeichnen, die vom Auftreten eines Reizes bis einschließlich der Ausführung der motorischen Antwort verstreicht. Dieser kurzen Zeitspanne im Bereich von wenigen Zehntelsekunden liegt ein komplexer Vorgang zu Grunde, der sich in fünf Komponenten aufteilen läßt (vgl. Ritzdorf, 1982):

1. Afferente Komponente: Transduktion und Erregungsleitung von Rezeptoren zum Zentralnervensystem (ZNS).
2. Zentrale Komponente: Verarbeitung des peripheren Impulses und Entwicklung eines motorischen Programms. Bei der zentralen Komponente muß noch eine wesentliche Unterscheidung berücksichtigt werden, und zwar je nachdem, ob es sich um Einfach- oder Wahlreaktionszeiten handelt (vgl. auch Pöppel, 1985). Bei Einfachreaktionen muß automatisch immer

nur auf einen Reiz mit einer zugeordneten Reaktionsmöglichkeit reagiert werden. Bei Wahlreaktionen muß vor der Ausführung der Reaktion eine Entscheidung getroffen werden, d.h. ein Reiz muß diskriminiert und dann erst eine zugeordnete Reaktionstaste bedient werden.

3. Efferente Komponente: Übertragung des zentralen Impulses vom ZNS zur Muskulatur.
4. Latenzzeitkomponente: Verzögerung der Reizleitung am synaptischen Spalt zwischen Nerv- und Muskelmembran durch die chemische Übertragung mit Azetylcholin.
5. Physikalische Latenzzeitkomponente: Die Zeit, die benötigt wird, um das die Reaktion ausführende Organ durch Muskelkontraktion von der Ausgangs- in die Endstellung zu bewegen.

Sollte es möglich sein, Anteile dieses Systems im Sinne einer Beschleunigung zu beeinflussen, so wären kürzere Reaktionszeiten möglich, entsprechend einer verbesserten Reaktionsschnelligkeit.

Die Fähigkeit, auf Reize verschiedenster Modalitäten sehr schnell zu reagieren, spielt im sportlichen Bereich eine gewichtige Rolle, jedoch auch im normalen täglichen Leben, wo dem Reaktionsvermögen vor allem eine protektive Funktion zukommt. Die folgenden einfachen Beispiele sollen die Bedeutung der Reaktionsschnelligkeit veranschaulichen. Unter der Annahme, daß ein Handball mit einer

durchschnittlichen Geschwindigkeit von 100 km/h in 10 ms eine Strecke von 0.27 m zurücklegt, ergibt sich für den Reaktions-Schnelleren gegenüber dem Reaktions-Langsameren ein erheblicher Vorteil, der insbesondere auf der Position des Handballtorwarts zum Tragen kommt. Vergleicht man zwei Autofahrer, die sich in ihrer mittleren Reaktionszeit um 40 ms unterscheiden, so zeigt sich in einer Straßenverkehrsnotsituation folgendes: Bei einer Vollbremsung mit demselben PKW bei 100 km/h und unter sonst gleichen Voraussetzungen, kommt der Reaktionsschnellere ca. 1.1 m früher zum Stehen als der Reaktionslangsamere - ein beachtlicher Vorteil, bedenkt man, wieviel gesundheitliche Schäden und Sachschäden infolge Verkehrsunfall vermieden werden könnten, wenn das individuelle Reaktionsvermögen auf breiter Bevölkerungsbasis mit Hilfe geeigneter, möglicherweise sportlicher Maßnahmen gesteigert würde.

Ein Großteil der Sportarten bietet die Möglichkeit der ständigen Auseinandersetzung mit Überraschungsmomenten, so daß es plausibel erscheint, daß sich unter diesen Voraussetzungen die individuelle Reaktionsschnelligkeit verbessern läßt.

Es stellt sich also die Frage, ob es möglich ist, durch intensives regelmäßiges sportliches Training die Reaktionsschnelligkeit entscheidend zu verbessern. Diese Frage soll im Rahmen eines Vergleichs zwischen Handballspielern und Nichtsportlern untersucht werden.

Eine verbesserte Reaktionsschnelligkeit wäre, neben den anderen hinreichend bekannten gesundheitsfördernden Wirkungen maßvoller sportlicher Betätigung auf das Herz-Kreislauf-System, die körperliche Geschicklichkeit,

die geistige Beweglichkeit und nicht zuletzt auf die subjektive Befindlichkeit, ein weiterer wichtiger Schritt, den Menschen anpassungsfähiger und sein Leben dadurch sicherer und auch angenehmer zu machen. Eine schnellere Auffassungsgabe und eine ebenso schnelle geistige wie körperliche Anpassungsfähigkeit, lassen sich als Eigenschaften dem Begriff der menschlichen Intelligenz zuordnen, und so würden im Hinblick auf die Frage nach der Intelligenz positive Ergebnisse den Schluß gestatten, daß der Erwerb komplexer motorischer Fähigkeiten und deren schnelle Abwicklung eine auf die Intelligenz förderliche Wirkung zeigt.

II. Experimenteller Teil

1. Beschreibung der Versuchspersonen

1.1. Kontrollgruppe

Die Mitglieder der Kontrollgruppe wurden nach folgenden Kriterien ausgewählt:

- männliches Geschlecht
- Alter zwischen 18 und 35 Jahren
- keine regelmäßige sportliche Betätigung

Der Altersdurchschnitt dieser Gruppe, die im weiteren auch die Gruppe der Nichtsportler (NS) genannt wird, lag bei 26 Jahren.

1.2. Experimentelle Gruppe

Bei den Probanden dieser Gruppe handelte es sich durchwegs um Spieler der Handball-Bundesliga-Mannschaft des MTSV Schwabing-München. Alle Spieler waren seit mindestens zehn Jahren im Handball aktiv. Darunter waren fünf deutsche und zwei jugoslawische Nationalspieler. Der Trainingsaufwand zum Zeitpunkt der Untersuchung lag bei 5-6 Trainingseinheiten á 90-120 Minuten pro Woche.

Der Altersdurchschnitt betrug 25.5 Jahre.

2. Versuchsdurchführung

Jede VP wurde an drei verschiedenen Terminen zu möglichst gleicher Tageszeit getestet, um mögliche Einflüsse auf Grund tagesperiodischer Schwankungen auszuschalten (Pöppel et al., 1970). Der zeitliche Ablauf einer

einzelnen Sitzung, deren Gesamtdauer ca. 60 Minuten betrug, stellte sich wie folgt dar:

1. Ausfüllen des ersten BfS-Bogens (von Zerssen und Koeller, 1975)
2. Messung der Click-Fusion
3. Messung der Einfachreaktionen:
 - a. visuell
 - b. auditiv
4. Messung der Wahlreaktionen:
 - a. visuell / auditiv
 - b. auditiv / auditiv
5. Ausfüllen des zweiten BfS-Bogens

Obwohl primäres Anliegen dieser Untersuchungen war, die Reaktions-Schnelligkeit zu überprüfen, schien es angebracht, aus Kontrollgründen weitere Variablen zu berücksichtigen, um einen genauen Einblick in die Leistungsmöglichkeiten der Sportler und Nicht-Sportler zu gewinnen. Die Anwendung der Befindlichkeits-Skala diente dem Zweck, den augenblicklichen Zustand der Probanden festzuhalten, wobei interessierte, ob sich über den Meßzeitraum hinweg Änderungen ergeben, und ob zwischen Sportlern und Nicht-Sportlern Unterschiede bestanden. Mit der Click-Fusion (Lackner und Teuber, 1973) sollte neben der Reaktionszeit ein anderes Maß herangezogen werden, das über den Zeitablauf der sensorischen Informationsverarbeitung Auskunft gibt.

2.1. Befindlichkeitstest (BfS-Test)

Jeder VP wurde zu Beginn und am Ende einer jeden Sitzung ein BfS-Bogen vorgelegt, der nach vorgegebenen Richtlinien ausgefüllt werden mußte (Abb. 1).

Die Auswertung erfolgt nach folgendem Schema: Das Wort, welches den positiven Pol eines Gegensatzpaares bildet,

wurde mit dem Wert "0" belegt, das, welches den negativen Pol darstellt, mit dem Wert "2". Bei einer "weder-noch-Entscheidung" wurde der Wert "1" gegeben.

2.2. Click-Fusion

Zu Beginn der Untersuchung wurde jeder VP die Aufgabe erklärt und zusätzlich dazu die beiden zu unterscheidenden Möglichkeiten, "ein Click" bzw. "zwei Clicks" binaural über Kopfhörer demonstriert. Phänomenal war der Unterschied zwischen den beiden Extremen so zu treffen, daß "ein Click" (unterhalb der Fusionsschwelle) intrakranial in der Mitte des Kopfes gehört werden sollte, während "zwei Clicks" (über der Fusionsschwelle) durch eine minimale Zeitspanne voneinander getrennt, im rechten und linken Ohr lokalisiert wahrgenommen werden sollten. Es wurde im aufsteigenden und absteigenden Verfahren untersucht.

Aufsteigende Untersuchung:

Der VP wurden binaural zwei Clicks von je einer Millisekunde Dauer und einem Interstimulusintervall (ISI) von 0 ms präsentiert. Dann wurde kontinuierlich der ISI in Schritten von 1 ms pro Sekunde vergrößert, wodurch es zur objektiven Spaltung des Clicks kam. Aufgabe der VP war es, den Zeitpunkt zu nennen, an dem diese Spaltung subjektiv hörbar wurde.

Absteigende Bedingung:

Der VP wurden anfänglich zwei durch eine 9.9 ms Zeitspanne deutlich getrennte Clicks geboten. In der Folge wurde der Zeitabstand in 1 ms-Schritten pro Sekunde kontinuierlich verkleinert. Die VP war aufgefordert, den Zeitpunkt an-

zugeben, an dem es zur subjektiv empfundenen Verschmelzung der beiden Clicks kam.

Auf- und absteigende Bedingung wurden für das linke und rechte Ohr getrennt untersucht. Insgesamt wurden zwölf Durchgänge absolviert; sechs Durchgänge, bei denen das rechte Ohr zuerst gereizt wurde, und sechs Durchgänge, bei denen das linke Ohr zuerst gereizt wurde. Davon waren in jeder Bedingung jeweils drei aufsteigende und drei absteigende Verfahren. Die Reihenfolge der Durchgänge wurde von Sitzung zu Sitzung verändert.

2.3. Reaktionszeiten

Vor Beginn der Versuchsreihe wurde für jede VP ermittelt, ob sie Rechts- oder Linkshänder ist. Für die Handballspieler war es die Hand, mit der sie im überwiegenden Teil aller Fälle den Handball warfen. Alle Nichtsportler gaben auf die Frage nach der Händigkeit die rechte Hand als die mehr geübtere und geschicktere Hand an. Es gab keine VP, die unter der Rubrik "Beidhänder" hätte geführt werden müssen.

Die verschiedenen Versuchsaufgaben wurden den Probanden ausführlich erklärt und im Rahmen eines Probelaufs in jeder Bedingung demonstriert. Speziell bei den Wahlreaktionen wurden die Versuchspersonen angewiesen, weniger auf die Richtigkeit der Reaktion zu achten, als vielmehr ihre ganze Konzentration auf die Schnelligkeit der Reaktion zu richten.

Der Versuchsplatz war folgendermaßen konzipiert: Die VP saß an einem Tisch, auf dem sich zwei Kästchen befanden.

Das eine Kästchen mit Maßen von ca. 20x10x10 cm befand sich in ca. 80 cm Augenabstand zum Probanden. Auf seiner Vorderfläche waren zwei im Durchmesser ca. 5 cm rote Lampen angebracht, die immer gleichzeitig aufleuchteten und als visueller Stimulus dienten. Das zweite Kästchen mit Maßen von ca. 15x10x3 cm stand unmittelbar vor dem Probanden auf dem Tisch. Auf ihm waren zwei quadratische Druckknöpfe von ca. 1 cm Fläche und einem gegenseitigen Abstand von 6 cm montiert. Bei den Einfachreaktionen mußte nur der rechte von beiden so schnell wie möglich niedergedrückt werden, bei den Wahlreaktionen je nach dargebotenem Reiz, der rechte oder der linke Druckknopf. Die verschiedenen auditiven Stimuli wurden den Probanden über Kopfhörer angeboten.

Die manuelle Ausführung der Reaktion sollte nach folgender Technik erfolgen:

a. Einfachreaktionen:

Bei Auftreten des Stimulus möglichst rasches Niederdrücken des rechten Druckknopfes mit dem Zeigefinger. Rechtshänder mit dem Zeigefinger der rechten, Linkshänder mit dem Zeigefinger der linken Hand.

b. Wahlreaktion:

Bei Auftreten des Stimulus möglichst rasches Niederdrücken des rechten oder linken Druckknopfes mit den Fingern einer Hand. Überwiegend wurden der Zeige- und Mittelfinger, oder der Zeige- und Ringfinger benutzt.

Es wurden Tests in fünf verschiedenen Bedingungen durchgeführt. Pro Sitzung wurden in jeder der fünf Bedingungen 100 Reize in Form von fünf Serien à 20 Wiederholungen geboten. Die Reizvorgabe wurde von einem Zufallsgenerator nach folgendem Muster gesteuert: In der

3. Sekunde nach Beginn der Serie bzw. nach einer erfolgreichen Reaktion erschienen 45% der Reize, in der 4. Sekunde 35%, in der 5. Sekunde 13% und in der 6. Sekunde 7%. Diese Konzeption schafft die Voraussetzung, daß für jeden Zeitpunkt des Zeitraums, in dem überhaupt ein Reiz auftreten kann, die Erwartungswahrscheinlichkeit, daß ein Reiz auftritt, für den Probanden ungefähr gleich groß ist, mit anderen Worten, der Proband befindet sich in nahezu maximaler Ungewißheit darüber, wann ein Reiz nun wirklich erscheint. Diese Reizdarbietung garantiert für die Erfassung der Reaktionszeit "stationäre" Bedingungen, was in früheren Versuchen nicht unbedingt gegeben war. Folgt die Verteilung des Interstimulus-Intervalls aufeinander folgender Reize einer Rechteck-Verteilung, dann nimmt die subjektive Wahrscheinlichkeit des Reizauftritts zu, je länger das Interstimulus-Intervall ist. Damit wird aber eine Interstationarität eingeführt, so daß die einzelnen Reaktionszeiten nicht mehr unbedingt vergleichbar sind, d. h. die Varianz der Verteilungen wird erhöht.

Beschreibung der einzelnen Bedingungen:

1. Einfachreaktionen:

a. E1: visuell

- Reiz: zwei gleichzeitig aufleuchtende rote Lampen
- Reizdauer: 100 ms
- Zeitlimit: 300 ms

b. E2: auditiv

- Reiz: Sinuston 2.0 KHz, binaural über Kopfhörer,
Intensität 50 Skalenteile
- Reizdauer: 100 ms
- Zeitlimit: 250 ms

2. Wahlreaktionen

a. W5: visuell / auditiv

- Kombination der Reize von E1 und E2

b. W1, W4: auditiv / auditiv

- Reize: tiefer Sinuston 0.2 KHz, Intensität 100 Skalenteile
hoher Sinuston 2.5 KHz, Intensität 50 Skalenteile

Der Unterschied in der Intensität wurde gewählt, damit die beiden Töne subjektiv ungefähr gleichlaut zu hören waren.

- W1: Die Reizvorgabe erfolgte monaural auf das rechte Ohr, die Reaktion mit der rechten Hand.
- W4: Die Reizvorgabe erfolgte monaural auf das linke Ohr, die Reaktion mit der linken Hand.

Als Zeitlimit für die Wahlreaktion wurde eine Zeit von 600 ms festgelegt.

Die Reihenfolge der Einfach- und Wahlreaktionen wurde von Sitzung zu Sitzung nach folgendem Schema verändert:

1. Sitzung: E1, E2, W5, W1, W4.
2. Sitzung: E2, E1, W5, W4, W1.
3. Sitzung: E1, E2, W5, W1, W4.

Bf-S _____ Bf _____

Inst _____ Stat _____ Datum _____ Wt _____

I-Nr _____ ICD-Nr _____ Uhrzeit _____ / _____ Tz _____

_____ V - IQ _____

Ab hier vom Patienten auszufüllen:

Name _____ Mädchenname _____

Vorname _____ Geburtsdatum _____ Alter _____ Jahre

Beruf _____ Geschlecht m/w _____

Im folgenden finden Sie eine Reihe von Eigenschaftspaaren. Bitte, entscheiden Sie - ohne lange zu überlegen - welche der beiden Eigenschaften Ihrem augenblicklichen Zustand am ehesten entspricht. Machen Sie in das Kästchen hinter der eher zutreffenden Eigenschaft ein Kreuz. Nur wenn Sie sich gar nicht entscheiden können, machen Sie ein Kreuz in die Spalte „weder - noch“. Lassen Sie keine Zeile aus.

Ich fühle mich jetzt:

		eher		eher	weder-noch
1.	frisch		matt		
2.	teilnahmslos		teilnahmsvoll		
3.	froh		schwermütig		
4.	erfolgreich		erfolglos		
5.	gereizt		friedlich		
6.	entschlußlos		entschlußfreudig		
7.	lustig		weinerlich		
8.	gutgelaunt		verstimmt		
9.	appetitlos		appetitfreudig		
10.	gesellig		zurückgezogen		
11.	minderwertig		vollwertig		
12.	entspannt		gespannt		
13.	glücklich		unglücklich		
14.	scheu		zugänglich		
15.	sündig		rein		
16.	sicher		bedroht		
17.	verlassen		umsorgt		
18.	ausgewogen		innerlich getrieben		
19.	selbstsicher		unsicher		
20.	elend		wohl		
21.	beweglich		starr		
22.	müde		ausgeruht		
23.	zögernd		bestimmt		
24.	ruhig		unruhig		
25.	schwunglos		schwungvoll		
26.	nutzlos		unentbehrlich		
27.	schwerfällig		lebhaft		
28.	überlegen		unterlegen		

Abb. 1: Testbogen für den Befindlichkeitstest

III. Ergebnisse

3.1. Befindlichkeitstest mit Hilfe der Befindlichkeitsskala

Mit dem BfS-Test sollte festgestellt werden, inwieweit sich die Belastung durch die Reaktionsaufgaben auf das psychische und physische Befinden auswirken, und ob sich diesbezüglich Unterschiede zwischen Handballspielern (HB) und Nichtsportlern (NS) ergeben.

Zu diesem Zweck wurde zweimal gemessen, zu Beginn und am Ende einer Sitzung. Die Summe aller Einzelwerte eines Bogens ergab den Gesamt-Score. Dieser Wert A, zu Beginn einer Sitzung erhoben, wurde mit dem entsprechenden Wert B, der am Ende einer Sitzung erhoben wurde, verglichen. Ergab die Subtraktion von A-B einen positiven Wert, so deutete dies auf eine Befindlichkeitsverbesserung hin, ein negativer Wert zeigte eine Befindlichkeitsverschlechterung an.

Hinsichtlich der zentralen Tendenz der Werte ließ sich, abgesehen vom Grad der Ausprägung, kein Unterschied zwischen HB und NS feststellen. In der Gruppe der NS verschlechterte sich der Gesamt-Mittelwert zu Beginn der Sitzung von 12.5 um 2.6 Wertungspunkte auf 15.1 am Ende der Sitzung. Bei den HB fiel die Verschlechterung von 12.7 vor der Sitzung um 4.8 Wertungspunkte auf 17.5 nach der Sitzung deutlicher aus.

Die statistische Signifikanz der Ergebnisse wurde mit Hilfe eines Wilcoxon-Tests ermittelt (Siegel, 1956). Für die NS ergab sich Signifikanz bei einer Irrtumswahr-

scheinlichkeit von $p=0.02$, für die HB bei einer Irrtumswahrscheinlichkeit von $p=0.01$.

Bei genauerer Betrachtung der individuellen Werte fiel auf, daß einem guten Anfangswert vor den Versuchen in einem Großteil der Fälle ein wesentlich schlechterer Wert am Ende folgte, während für Befindlichkeitsänderungen bei Versuchspersonen, die den Test in relativ schlechtem Zustand begannen, keine eindeutige Tendenz feststellbar war.

Zur Überprüfung dieses Sachverhalts wurden die Stichproben in Unterstichproben aufgeteilt. Die Unterstichprobe A enthielt nur Probanden, deren Einzelwert vor den Versuchen größer als der entsprechende Gesamt-Mittelwert der Gruppe war. In der Unterstichprobe B wurden Versuchspersonen zusammengefaßt, deren individueller Wert vor den Versuchen kleiner als der entsprechende Gesamt-Mittelwert der Gruppe war. Dabei wurden die jeweils drei Meßpunkte pro Versuchsperson als voneinander unabhängige Ereignisse gewertet. Diese Unterteilung wurde sowohl für die Gruppe der HB als auch für die Gruppe der NS vorgenommen.

Aus Tabelle 1 kann man erkennen, daß die Unterstichproben A, die Probanden mit individuellen Werten über dem Gesamt-Mittelwert der Gruppe enthalten, nur minimale Veränderungen im Sinne einer Befindlichkeitsverbesserung aufweisen. Diese ist mit 1.16 Wertungspunkten für die HB und mit 0.06 Wertungspunkten für die NS vernachlässigbar klein.

Anders verhält es sich bei den Probanden, die vor den Versuchen mit ihren individuellen Werten unter dem entsprechenden Gesamt-Mittelwert der Gruppe lagen. Es

zeigt sich ein deutlicher Trend zur Befindlichkeitsverschlechterung, insbesondere in der Gruppe der HB (Abb. 2).

Die dokumentierten Ergebnisse spiegeln sich auch in der prozentualen Verteilung der Einzelbewegungen innerhalb der Unterstichproben wider. Nahezu ausgeglichene Verhältnisse für die Verteilung der Unterstichprobe A in beiden Gruppen, ein deutlicher Überhang von Befindlichkeitsverschlechterung in beiden Unterstichproben B, vor allem bei den HB (Tab. 2 und Abb. 3).

Tab.1: Mittelwerte der subjektiven Befindlichkeit gemessen mit der "Befindlichkeitsskala".

Unterstichprobe A: Werte der Probanden, die unmittelbar vor der Sitzung einen individuellen Wert oberhalb des Gesamt-Mittelwerts hatten.

Unterstichprobe B: Werte der Probanden, die unmittelbar vor der Sitzung einen individuellen Wert unterhalb des Gesamt-Mittelwerts hatten.

		vor der Sitzung	nach der Sitzung
NS	A	19.94	19.88
	B	6.30	11.05
HB	A	21.16	20.00
	B	7.42	16.05

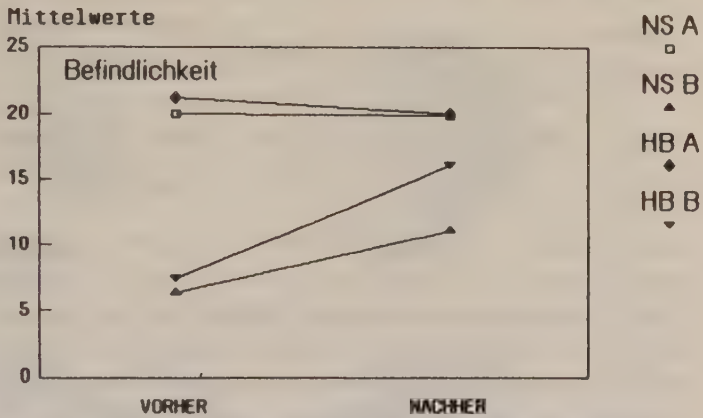


Abb. 2: Befindlichkeitsveränderungen vor und nach den Reaktionszeitversuchen in den Unterstichproben A und B von HB und NS.

Tab.2: Prozentuale Angaben über die verschiedenen Befindlichkeitsveränderungen in den Unterstichproben A und B.

Gruppe	Unterstichprobe	Befindlichkeit		
		unverändert	verbessert	verschlechtert
NS	A	6%	47%	47%
	B	25%	15%	60%
HB	A	0%	50%	50%
	B	10.5%	10.5%	79%

Befindlichkeitsänderung [%]

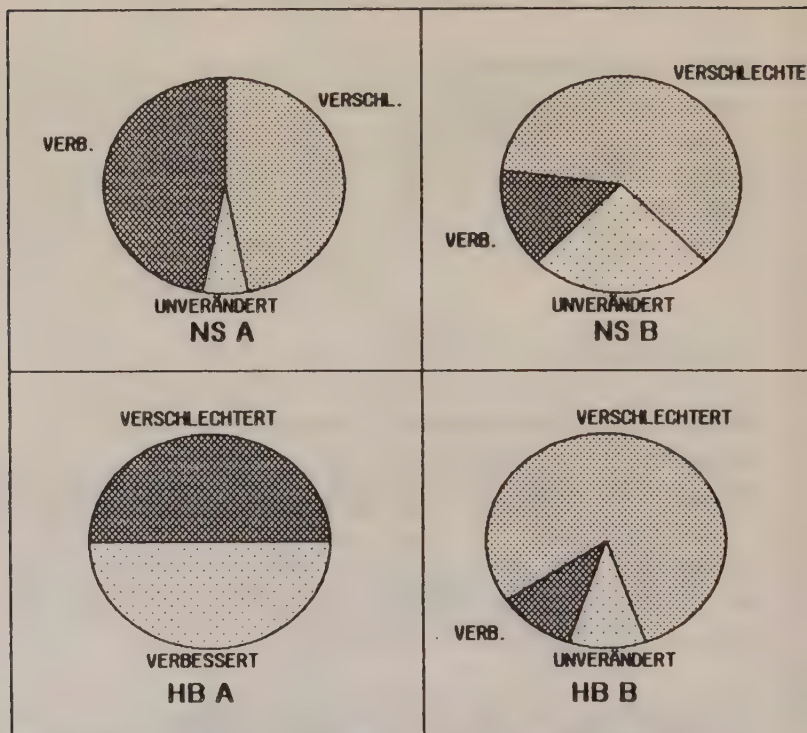


Abb. 3: Prozentuale Verteilung der Befindlichkeitsänderungen

3.2. Messung der Click-Fusion

Diese Untersuchung wurde durchgeführt, um eventuelle Unterschiede bezüglich der Fusionsschwelle für akustische Signale zwischen HB und NS aufzudecken.

Zur Auswertung wurden folgende Berechnungen vorgenommen:

1. Berechnung des Mittelwerts über alle drei Versuchstermine für jedes Ohr, in jeweils beiden Bedingungen.
2. Aus den erhaltenen Werten Berechnung des Mittelwerts für ein Ohr aus beiden Bedingungen.
3. Aus den Werten von (2.) Berechnung des Gesamt-Mittelwerts für beide Ohren.

Beide Gruppen erzielten nahezu identische Ergebnisse, was den Schluß erlaubt, daß der Sport auf dieser Ebene offensichtlich zu keinen meßbaren Veränderungen führt. Erstaunlich ist jedoch, daß in beiden Gruppen die in der aufsteigenden Bedingung gemessenen Werte zwischen 1.2 und 1.6 ms niedriger waren als die Werte der absteigenden Bedingung. Außerdem ergab sich für das rechte Ohr im Mittel ein Zeitvorsprung von 0.5 ms gegenüber dem linken Ohr. Dies ist vor allem im Hinblick auf die Frage nach der Lokalisation zeitverarbeitender Mechanismen im ZNS ein Ergebnis, das bisherige Theorien erneut bestätigt.

Tab.3: Mittelwertsberechnungen für die Click-Fusion

	Nichtsportler	
	rechtes Ohr	linkes Ohr
aufsteigend $\bar{x}_1$	3.3	4.0
absteigend $\bar{x}_2$	4.9	5.2
Mittelwert $\bar{x}_3$	4.1	4.6
Gesamt-Mittelwert $\bar{x}_4$	4.4	

Tab. 4: Mittelwertsberechnungen für die Click-Fusion

	Handballspieler	
	rechtes Ohr	linkes Ohr
aufsteigend $\bar{x}_1$	3.3	3.9
absteigend $\bar{x}_2$	4.7	5.1
Mittelwert $\bar{x}_3$	4.0	4.5
Gesamt-Mittelwert $\bar{x}_4$	4.3	

3.3. Reaktionszeitmessungen

Für alle Versuchspersonen wurde in jeder Bedingung der individuelle Mittelwert und die Standardabweichung berechnet. Ausgenommen von dieser Berechnung waren Werte, die das obere festgesetzte Zeitlimit überschritten, und Werte, die aus fehlerhaften Reaktionen entstanden.

Die Zeitlimits wurden deshalb gewählt, weil sich im Verlauf der Versuche zeigte, daß es sich bei bestimmten Werten um Artefakte handeln dürfte, da sie fast doppelt so hoch waren wie der individuelle Mittelwert in dieser Bedingung.

Nur in den seltensten Fällen mußten extrem schnelle Werte eliminiert werden, weil sie nicht durch eine ordnungsgemäße Reaktion zustande kamen, sondern eher durch eine "antizipierende Reaktion" (Rüssel, 1976).

Aus den einzelnen Mittelwerten wurde der Gesamt-Mittelwert und die Standardabweichung der Gruppe für jede Bedingung ermittelt. Diese Werte einer Gruppe wurden mit den entsprechenden Werten der anderen Gruppe verglichen.

Es zeigte sich in allen Bedingungen ein deutlicher Schnelligkeitsvorteil der HB gegenüber den NS (Tab.5, Abb.4). Er betrug bei den Einfachreaktionen ca. 30 ms, bei den Wahlreaktionen, je nach Aufgabe einmal 38 ms und einmal 55 ms.

Besonders augenfällig war der Zeitvorsprung in der Bedingung W1. Während die NS in W1 und W4 annähernd gleiche Werte erzielten, ergab sich für die HB nach Vernachlässigung der Werte der beiden Linkshänder eine Differenz von 55 ms zugunsten von W1. Die Linkshänder mußten bei diesem Vergleich unberücksichtigt bleiben, da sich in der Gruppe der NS nur Rechtshänder befanden und die Aufgaben W1 und W4 eine Möglichkeit zur Beurteilung des Händigkeitsvorteils bei der Bewältigung der Wahlreaktion darstellten.

Tab.5: Individuelle Mittelwerte der einzelnen Versuchspersonen in allen Reaktionszeitbedingungen für beide Personenstichproben (in ms).

Nichtsportler					
VP	E1	E2	W5	W1	W4
1	212	179	330	351	339
2	227	204	397	380	380
3	241	188	312	316	323
4	230	177	355	420	404
5	217	182	368	398	381
6	208	166	327	380	369
7	239	183	355	377	381
8	229	194	334	429	391
9	196	151	322	371	341
10	226	191	340	348	371
11	229	174	321	340	356
12	226	184	353	380	386
13	255	204	424	412	419
$\bar{x}$	226	183	349	376	372

Handballspieler					
VP	E1	E2	W5	W1	W4
1	188	132	313	360	347
2	185	144	327	327	353
3	186	149	292	329	354
4	192	138	320	316	360
5	187	132	280	307	320
6	202	170	342	408	403
7	200	152	273	289	308
8	201	164	349	357	364
9	203	169	323	341	356
10	190	153	268	268	282
11	210	167	323	303	317
12	210	171	308	331	345
13	201	169	314	336	339
$\bar{x}$	197	155	310	328	342
				321	337
				ohne Linkshänder	

Mittelwerte [ms]

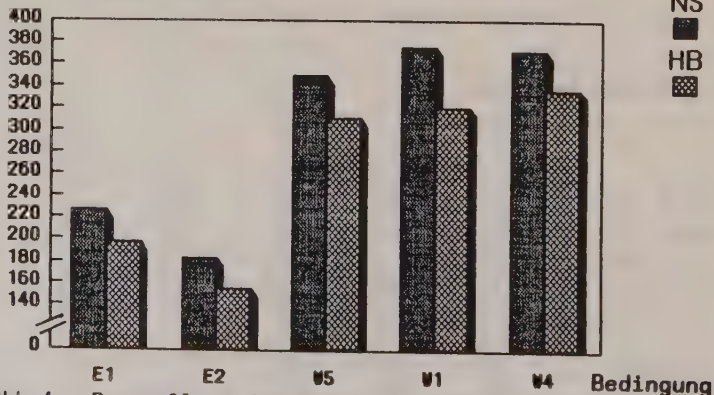


Abb. 4: Darstellung der Gesamt-Mittelwerte von HB und NS in den fünf verschiedenen Reaktionszeitbedingungen.

Um die Gleichmäßigkeit der Reaktionen zwischen HB und NS zu vergleichen, wurden für beide Gruppen in den verschiedenen Bedingungen jeweils die Standardabweichungen ermittelt.

Auch hier lassen sich in allen Bedingungen für die HB bessere Werte nachweisen als für die NS (Tab.6, Abb.5).

Zur Ermittlung der maximalen Schnelligkeit in den Einfachreaktionsbedingungen wurden für jede Versuchsperson beider Gruppen in E1 und E2 jeweils die 20 schnellsten Werte ausgesucht. Aus diesen wurden für jede Bedingung getrennt die individuellen Mittelwerte errechnet und daraus für E1 und E2 der Gesamt-Mittelwert der Gruppe bestimmt. Es wird dabei davon ausgegangen, daß diese 20 Reaktionen ohne wesentliche Störungen durch Ermüdung oder Ablenkung erfolgten, und dadurch die Bestimmung der maximalen Reaktionsschnelligkeit näherungsweise möglich wird.

Tabelle 7 und Abbildung 6 verdeutlichen, daß auch bei diesem Vergleich die HB wesentlich besser abschneiden als die NS.

Bei der Beurteilung der visuellen Einfachreaktion muß berücksichtigt werden, daß 40 ms der Reaktionszeit durch die Aufleuchtzeit der Wolframbirne bedingt sind. Subtrahiert man diese 40 ms, so erhält man die reine Reaktionszeit. Vergleicht man jetzt die Reaktionszeiten der visuellen und auditiven Einfachreaktionsbedingung, so kann man erkennen, daß nur mehr minimale Unterschiede bestehen (Tab.8). Dieses Ergebnis ist deswegen erstaunlich, als in bisherigen Untersuchungen gezeigt

werden konnte, daß die visuelle Reaktionszeit der auditiven Reaktionszeit in der Regel um ca. 40 ms hinterherhinkt. Erklärt wurde dies vor allem damit, daß die Transduktionzeiten für visuelle Impulse gegenüber denen für akustische verlängert sind. Jedenfalls sind aus diesem Blickwinkel die visuellen Reaktionszeiten der HB als extrem schnell einzustufen, da in früheren Untersuchungen die mittlere visuelle Reaktionszeit mit ca. 185 ms angegeben wurde.

Tab.6: Standardabweichungen der einzelnen Versuchspersonen in allen Reaktionszeitbedingungen für beide Personenstichproben (in ms).

Nichtsportler					
VP	E1	E2	W5	W1	W4
1	29	28	81	71	68
2	23	28	103	88	93
3	29	30	75	86	91
4	28	25	92	90	102
5	19	26	59	71	70
6	33	28	95	99	95
7	23	26	98	88	84
8	26	27	68	73	79
9	26	28	99	105	97
10	24	21	73	77	85
11	31	28	77	93	80
12	27	26	85	81	76
13	27	27	84	82	84
$\bar{x}$	27	27	89	91	89

Handballspieler					
VP	E1	E2	W5	W1	W4
1	19	17	63	67	73
2	18	18	79	64	67
3	21	19	84	94	84
4	24	21	94	79	79
5	19	16	60	66	68
6	25	25	76	73	84
7	15	15	70	69	79
8	22	20	91	74	71
9	26	26	86	78	88
10	18	20	66	69	69
11	18	19	80	84	86
12	19	22	76	84	76
13	24	25	78	81	87
$\bar{x}$	21	20	77	75	76

ohne Linkshänder

Standardabweichung [ms]

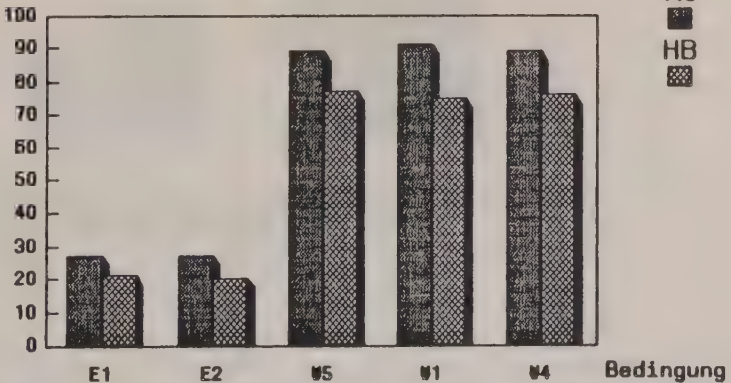


Abb. 5: Darstellung der Standardabweichungen von HB und NS in den fünf verschiedenen Reaktionszeitbedingungen.

Tab. 7: Gesamt-Mittelwerte der Gruppen für die jeweils 20 schnellsten Reaktionen in den Bedingungen E1 und E2.

Gruppe	Bedingung	
	E1	E2
NS	182.2	140.6
HB	166.2	125.6

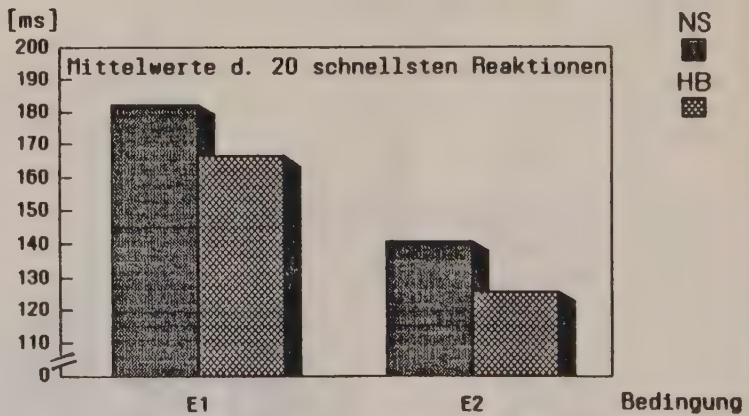


Abb. 6: Mittelwerte der 20 schnellsten Reaktionen in den Einfachreaktionsbedingungen für HB und NS.

Tab. 8: Gesamt-Mittelwerte der beiden Gruppen in den Einfachreaktionsbedingungen nach Subtraktion von 40 ms Aufleuchtzeit der Wolframbirne in E1 (in ms).

Gruppe	Bedingung	
	E1	E2
NS	186	183
HB	157	155

Die statistische Signifikanz der Unterschiede der Reaktionszeiten und der Standardabweichungen zwischen HB und NS wurde mit Hilfe eines t-Tests für unabhängige Stichproben (Siegel, 1956) ermittelt. Insbesondere in den Einfachreaktionen läßt sich sowohl für die Reaktionszeiten als auch für die Standardabweichungen höchste Signifikanz nachweisen. Auch die Unterschiede in den Wahlreaktionsbedingungen werden auf ausreichend hohem Signifikanzniveau deutlich (Tab. 9 und 10).

Tab. 9: t-Werte und Signifikanzniveau der t-Werte für die Reaktionszeiten-Mittelwerte beim Vergleich von Einfach- und Wahlreaktionen zwischen HB und NS.

HB NS	t	Signifikanzniveau
E1-E1	5.954	0.0005
E2-E2	4.886	0.0005
W5-W5	3.432	0.005
W1-W1	3.629	0,005
W4-W4	2.688	0.01

Tab.10: t-Werte und Signifikanzniveau der t-Werte beim Vergleich der Standardabweichungen in Einfach- und Wahlreaktionsbedingungen zwischen HB und NS.

HB NS	t	Signifikanzniveau
E1-E1	4.424	0.0005
E2-E2	5.968	0.0005
W5-W5	1.405	0.10
W1-W1	2.506	0.01
W4-W4	2.017	0.05

3.4. Fehleranalyse in den Wahlreaktionsbedingungen

Vergleicht man die Anzahl der Gesamt-Fehler von beiden Gruppen, so erzielten die NS das insgesamt bessere Ergebnis. Ihnen unterliefen in allen drei Wahlreaktionsbedingungen 776 fehlerhafte Reaktionen, während es bei den HB 848 waren. Berechnet man den prozentualen Anteil der falschen Reaktionen an der Gesamtzahl aller zu absolvierenden Reaktionen, so ergibt sich ein Wert von 6.6% für die NS und 7.26% für die HB. Der Unterschied zwischen beiden Stichproben ist mit einer Differenz von 0.66 Prozentpunkten vernachlässigbar klein (Tab.11).

Die Aufteilung der falschen Reaktionen danach, bei welchem der zwei verschiedenen Reize sie erfolgten, zeigte, daß sich hier HB und NS grundsätzlich gleich verhalten. In W5 und W1 treten ähnlich häufig Fehler bei Licht und Ton bzw. bei hohem und tiefem Ton auf. Überraschenderweise klafft jedoch für beide Gruppen in der Bedingung W4 eine relativ große Differenz in der Fehlerzahl zwischen hohem und tiefem Ton. Bei den NS beträgt der Unterschied 66 Fehler

zugunsten des hohen Tons, bei den HB 51 Fehler (Tab. 12 und Abb. 7).

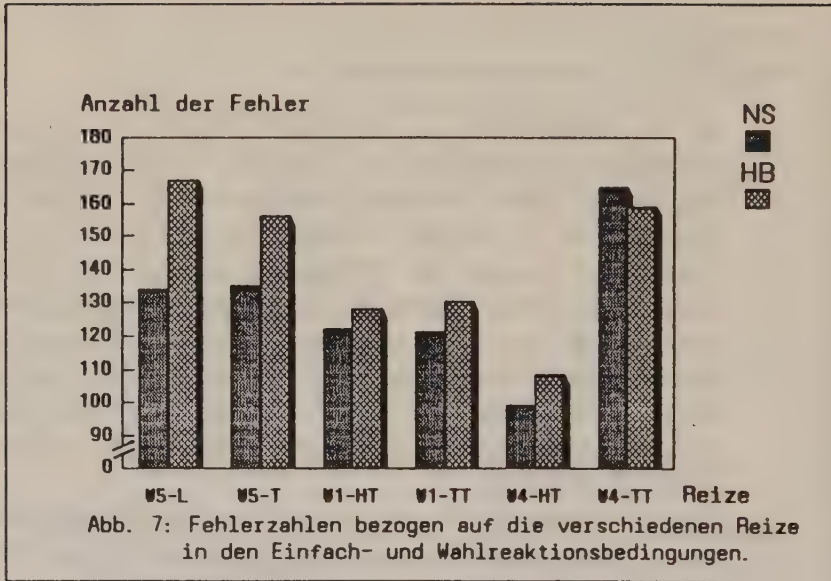
Um zu untersuchen, ob sich die Anzahl der falschen Reaktionen im Verlauf der gesamten Studie verändert, wurden für jeden einzelnen Versuchstermin jeweils die Fehleranzahl in beiden Stichproben ermittelt. Die HB ließen im Verlauf der Untersuchungsreihe eine leicht abfallende Tendenz bezüglich der Fehlerquote erkennen. Bei den NS war kein eindeutiger Trend festzustellen. Dieses Ergebnis darf jedoch nicht zu hoch bewertet werden, da aller Erfahrung nach drei Meßpunkte zu wenig sind, um unzweifelhafte Aussagen über den Trend machen zu können (Tab. 13 und Abb. 8).

Tab. 11: Gesamt-Fehler von HB und NS in den Wahlreaktionsbedingungen mit prozentualer Angabe an der Summe aller zu absolvierenden Wahlreaktionen.

	Bedingung			Gesamt-Fehler/Prozent
	W5	W1	W4	
Gruppe				
NS	269	243	264	776/6.6%
HB	323	258	267	848/7.26%

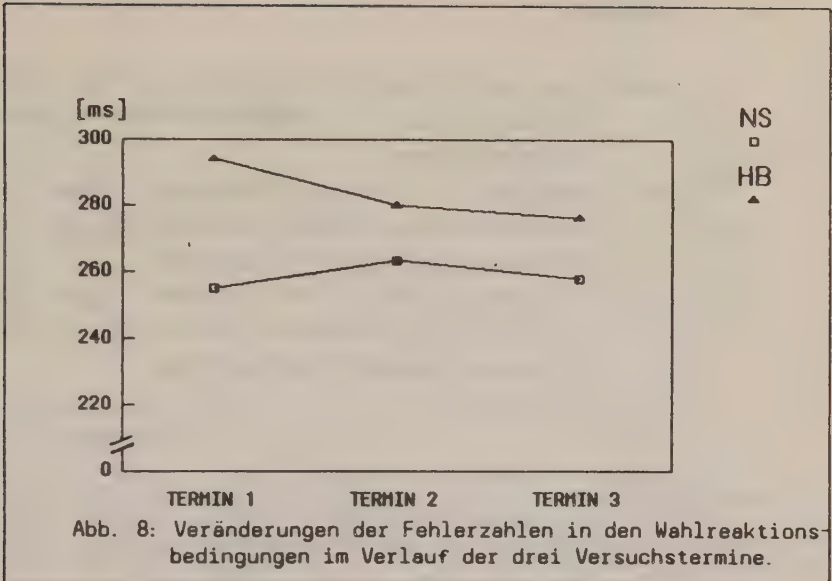
Tab. 12: Fehlerzahlen bezogen auf die verschiedenen Reize.
L=Licht; T=Ton; HT=hoher Ton; TT=tiefer Ton.

	Bedingung					
	W5		W1		W4	
Reiz	L	T	HT	TT	HT	TT
Gruppe						
NS	134	135	122	121	99	165
HB	167	156	128	130	108	159



Tab. 13: Fehlerzahl der Wahlreaktionsbedingungen an den drei Versuchsterminen.

	Termin		
	1.	2.	3.
Gruppe			
NS	255	263	258
HB	294	280	276



Zur Beurteilung der Beziehung zwischen individuellen Mittelwerten und Fehlerzahlen wurden die Gruppen, wie schon beim BfS-Test in Unterstichproben aufgeteilt. Dabei erhielt die Unterstichprobe A Probanden, deren individueller Mittelwert schneller als der Gesamt-Mittelwert der Gruppe war. In der Unterstichprobe B befanden sich die Probanden, deren individueller Mittelwert langsamer als der Gesamt-Mittelwert der Gruppe war. Diese Unterteilung wurde für jede der drei Wahlreaktionsbedingungen vorgenommen.

Es zeigt sich, daß die jeweils schnelleren Unterstichproben A beider Gruppen mehr Fehler aufweisen als die jeweils langsameren Unterstichproben B. Die besondere

Schnelligkeit geht also zu Lasten der Richtigkeit (Tab.14 und Abb.9).

Tab.14: Durchschnittliche Fehlerzahlen in den Wahlreaktionsbedingungen in Verbindung mit den erreichten Reaktionszeiten.

Unterstichprobe A: Werte der Probanden, deren individueller Meßwert besser als der Gruppen-Gesamt-Mittelwert in dieser Bedingung war.

Unterstichprobe B: Werte der Probanden, deren individueller Meßwert schlechter als der Gruppen-Gesamt-Mittelwert in dieser Bedingung war.

Gruppe	Unterstichprobe	Bedingung		
		W5	W1	W4
NS	A	22.7	21.2	22.6
	B	18.33	17.12	18.28
HB	A	28.2	22.0	23.8
	B	22.75	18.0	18.5

Anzahl der Fehler

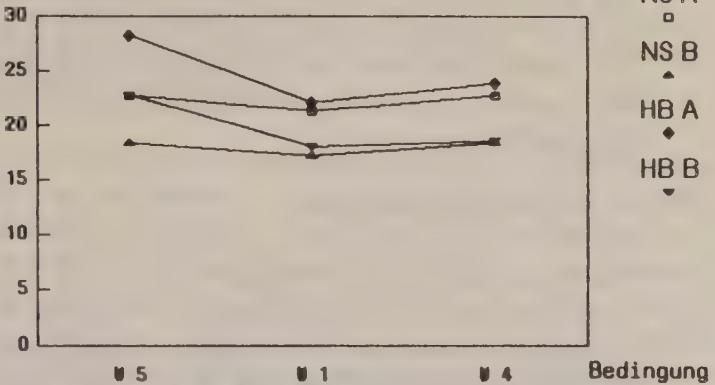


Abb. 9: Fehlerzahlen in den Wahlreaktionsbedingungen in Verbindung mit den erreichten Reaktionszeiten; Unterteilung in Unterstichproben.

IV. Diskussion

Im Rahmen des Vergleichs von Reaktionszeiten für Einfach- und Wahlreaktionen zwischen Nichtsportlern und Handballspielern wurden auch Untersuchungen über die Auswirkungen der Reaktionsaufgaben auf die Befindlichkeit und eine Untersuchung der Fusionsschwellen für akustische Clicks durchgeführt.

4.1. Befindlichkeitstest

Die Auswertung des Befindlichkeits-Test läßt keine grundsätzlichen Unterschiede zwischen Nichtsportlern und Handballspielern erkennen. In beiden Unterstichproben, die Probanden enthielten, die sich vor der Sitzung eher schlecht fühlten, änderte sich das Befinden durch die Reaktionsaufgaben nicht. Dagegen zeigten die beiden Unterstichproben B, also jene Probanden, die vor der Testung eine gute Befindlichkeit zeigten, deutliche Veränderungen im Sinne einer Befindlichkeitsverschlechterung, die jedoch bei den Handballspielern wesentlich mehr ausgeprägt war als bei den Nichtsportlern.

Um bei den Reaktionsaufgaben maximal schnell zu sein, war ein hohes Maß an Motivation und Konzentration erforderlich. Nach einer Versuchsdauer von etwa einer Stunde führte diese konzentrierte Anspannung verständlicherweise zu einer psychischen und physischen Erschöpfung, meßbar in Form der Befindlichkeitsverschlechterung. Dabei zeigte sich, daß die Befindlichkeitsverschlechterung nicht bei allen Versuchspersonen gleichermaßen stark ausgeprägt war. Die Befindenslage von Versuchspersonen, die sich bereits zu Beginn der Versuche nicht so wohl fühlten,

änderte sich kaum. Vermutlich konnten sich diese Probanden nur schwer für die bevorstehenden Aufgaben motivieren und konzentrieren. Indem sie dann die Versuchsreihe verhältnismäßig "inaktiv" hinter sich brachten, kam es zu keinem zusätzlichen Verbrauch von geistiger und körperlicher Energie, so daß sich ihre Befindenslage nicht mehr weiter verschlechterte.

Die Versuchspersonen der Unterstichprobe B befanden sich zu Beginn der Versuche in guter geistiger und körperlicher Verfassung, so daß eine ausreichend hohe Bereitschaft vorhanden war, die Reaktionsaufgaben engagiert und konzentriert zu bewältigen. Nach dieser konzentrierten Anspannung über etwa eine Stunde trat dann eine gewisse Erschöpfung ein, die durch den BfS-Test erfaßt wurde.

Besonders augenfällig war diese Veränderung in der Unterstichprobe B der Handballspieler, die vermutlich aus zwei Gründen in den Reaktionszeitversuchen mit höherer Motivation agierten als die Nichtsportler. Einmal war der Versuchsleiter ein Mitglied der getesteten Handballmannschaft, was dazu geführt haben kann, daß sich die Handballspieler bemüht sahen, für die Dissertationsarbeit ihres Mannschaftskameraden ihr bestes zu geben. Zum zweiten ging es für die Handballspieler darum, eine für den Leistungssport wichtige Eigenschaft, die Reaktionsschnelligkeit, unter Beweis zu stellen. Dies weckte bei den Sportlern entsprechenden Ehrgeiz und damit auch besondere Motivation, denn es galt, sich und seinen Mannschaftskameraden zu beweisen, daß man eben auch wegen einer guten Reaktionsschnelligkeit für den Leistungssport prädestiniert sei. Für viele der Handballspieler hatten die Reaktionszeitversuche den Charakter einer objektiven Prü-

fung einer einzelnen Fähigkeit aus dem Gesamtspektrum ihrer sportlichen Fähigkeiten.

Absolvierten die meisten Handballspieler also die Reaktionsaufgaben mit noch mehr Motivation als die "motivierten Nichtsportler", so kann man sicher auch einen größeren psychischen und physischen "Substanzverlust" erwarten, der in Form der Befindlichkeitsverschlechterung gemessen wurde.

In einem Vergleich mit Ergebnissen von Pöppel (1980), der Befindlichkeitsveränderungen durch sportliche Betätigung an den Beispielen Squash und Volleyball untersuchte, läßt sich eine Übereinstimmung für die Versuchspersonen feststellen, die sich vor den Reaktionsaufgaben bzw. vor der sportlichen Betätigung in einem relativ guten Befindlichkeitszustand befanden. Für die Unterstichprobe A der Probanden, die sich vor den Reaktionsaufgaben eher schlecht fühlten, ergab sich in dieser Untersuchung keine Befindlichkeitsveränderung, während Pöppel für die entsprechende Unterstichprobe seiner Studie eine deutliche Befindlichkeitsverbesserung nach sportlicher Betätigung nachweisen konnte.

Der Grund für die Diskrepanz könnte darin liegen, daß die Reaktionsaufgaben als reine Konzentrationsleistungen mit minimalem motorischen Aufwand absolviert wurden, während Sportarten wie Squash oder Volleyball hohe Anforderungen sowohl an die Konzentrationsfähigkeit als auch an die motorische Kompetenz stellen. Es darf angenommen werden, daß es bei intensiver sportlicher Aktivität über die vielfältigen Bewegungsformen und der resultierenden körperlichen Erschöpfung möglich erscheint, intraindividuelle Konfliktspannungen und oft damit verbundene

muskuläre Verspannungen zu lösen, was letztlich nach einer gewissen Erholung zum Aufschwung der Befindenslage führt.

Man könnte nun zu dem Schluß gelangen, daß die Handballspieler durch ihre regelmäßige sportliche Aktivität schon zu Beginn der Versuche ausgeglichener sein müßten als die Nichtsportler. Ein eindeutig besseres Wohlbefinden der Handballspieler zu Beginn der Versuche läßt sich vor allem deswegen nicht feststellen, weil der Sport auf diesem Leistungsniveau mit täglichem Training und regelmäßiger Wettkampfbelastung am Wochenende keine entspannende und erholsame Freizeitbeschäftigung mehr ist. Vielmehr belasten Streßfaktoren, wie zum Beispiel Leistungsdruck, mannschaftsinterne Konkurrenz usw., den einzelnen und verhindern einen körperlich-seelischen Ausgleich. Unter diesen Umständen mit einer am Leistungsprinzip orientierten sportlichen Aufgabe kann der Sport seiner Funktion, Möglichkeiten zur psychischen und physischen Entspannung zu bieten, nicht mehr voll gerecht werden.

4.2. Click-Fusionsschwellen

Die Ergebnisse der Click-Fusion zeigten für Handballspieler und Nichtsportler nahezu exakte Übereinstimmung. Dies kann man möglicherweise als Hinweis dafür werten, daß es neben veränderbaren Systemen im Zentralnervensystem auch Systeme gibt, die von Natur aus in unveränderbarer Weise angelegt sind. Äußere Einflüsse im Rahmen regelmäßiger sportlicher Betätigung hatten jedenfalls innerhalb des akustischen Systems nicht zu Veränderungen geführt, die mit der Click-Fusions-Methode meßbar gewesen wären. Man darf annehmen, daß auch für das optische System die Messung der Flickerfusionsfrequenz keine Unterschiede

zwischen Handballspielern und Nichtsportlern ergeben hätte.

Man kann vermuten, daß elementare Wahrnehmungsfunktionen, wie sie beispielsweise bei sensorischen Fusionsprüfungen erfaßt werden, in unveränderbarer Weise angelegt sind und dem zufolge auch durch regelmäßiges sportliches Training nicht beeinflußt werden. Mit anderen Worten ließe sich sagen, daß fundamentale sensorische Funktionen der visuellen, akustischen, aber auch der taktilen, olfaktorischen und gustatorischen Wahrnehmung relativ stabil sind und nicht durch Lernen verändert werden können. Die komplexeren Leistungen des Zentralnervensystem zeigen dagegen eine gewisse Möglichkeit zur Plastizität. Dadurch sind sie in Abhängigkeit von äußeren Einflüssen, wie zum Beispiel intensiver Übung, entwickelbar.

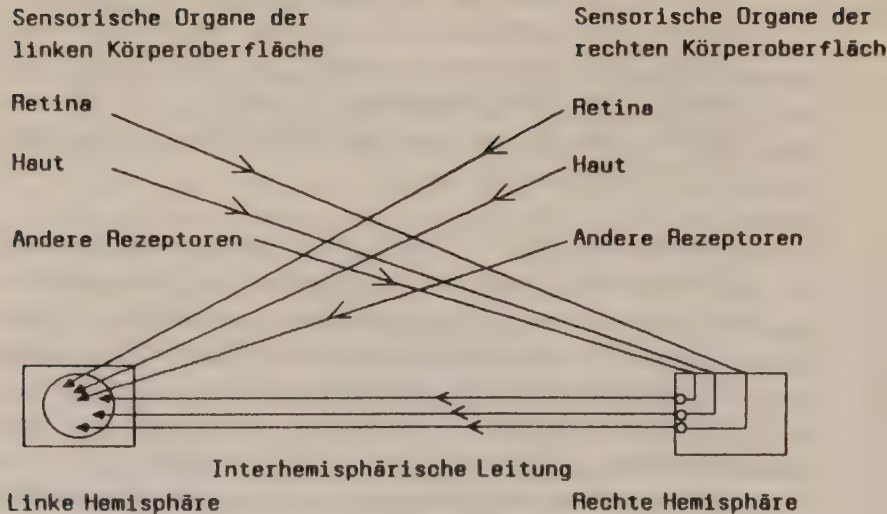
In analoger Weise kann man sich die Entwicklung der menschlichen Intelligenz vorstellen. Auf der einen Seite gibt es angeborene, unveränderliche Anteile, auf der anderen Seite aber entwickelbare Anlagen für eine Vielzahl geistiger wie motorischer Leistungen.

Die Frage, warum in beiden Personenstichproben für das rechte Ohr niedrigere Click-Fusionsschwellen gemessen wurden als für das linke Ohr, läßt sich auf der Grundlage von Ergebnissen von R. Efron (1963) und von Lackner und Teuber (1973) beantworten. Efron konnte für Rechtshänder nachweisen, daß sensorische Empfindungen der rechten bzw. der linken Körperoberfläche in ihrer zeitlichen Aufeinanderfolge unterschiedlich gut erkannt werden. Dabei werden periphere Informationen der rechten Körperoberfläche, die ja in die linke Gehirnhemisphäre fortgeleitet werden,

schneller diskriminiert als entsprechende Impulse von der linken Körperoberfläche. Efron zog den Schluß, daß für die bewußte zeitliche Unterscheidung von zwei sensorischen Stimuli die Gehirnhemisphäre benötigt wird, die für Sprache dominant ist, was für Rechtshänder in der Regel die linke Hemisphäre ist.

Lackner und Teuber (1973) untersuchten Patienten mit linkshemisphärischen bzw. rechthemisphärischen Läsionen und stellten sie gesunden Probanden gegenüber. Es zeigt sich, daß nur die linkshemisphärisch verletzten Patienten signifikant erhöhte Click-Fusionsschwellen aufwiesen, was Lackner und Teuber zu dem Schluß führte, daß die linke Hemisphäre kompetenter ist als die rechte, wenn feine zeitliche Unterscheidungen zu treffen sind. Die erhöhte Click-Fusionsschwelle für das linke Ohr läßt sich dann so erklären, daß der interhemisphärische Informationstransport zum übergeordneten zeitverarbeitenden Zentrum in der linken Hemisphäre, gewissermaßen als "Umweg", eine zeitliche Verzögerung verursacht. Diese Überlegungen sind in Abb. 9 schematisch veranschaulicht.

Für beide Personenstichproben wurden in der absteigenden Bedingung jeweils deutlich höhere Fusionsschwellen gemessen als in der aufsteigenden Bedingung. Dabei handelt es sich möglicherweise um ein psychophysisches Phänomen zu handeln, das mit der Versuchsmethode zusammenhängt. Es ist aus der Psychophysik bekannt, daß mit absteigendem oder aufsteigendem Verfahren nie exakt dieselben Schwellenwerte erreicht werden; dies mag mit Erwartungshaltungen der Probanden zusammenhängen.



4.3. Reaktionszeitversuche

Die Ergebnisse der Reaktionszeitversuche weisen bezüglich der Schnelligkeit und Konstanz in allen Bedingungen deutliche Vorteile der Handballspieler gegenüber den Nichtsportlern aus. Auch der Vergleich der 20 schnellsten Reaktionen in den Einfachreaktionsbedingungen fällt zugunsten der Handballspieler aus.

Sicherlich ist es nicht möglich, nur eine Ursache für die gemessenen Unterschiede zu nennen. Es scheint eher so zu sein, daß mehrere Faktoren zusammenwirken, so daß ein Vorsprung für die Handballspieler resultiert. Die Konzentrationsfähigkeit spielt dabei gewiß eine entscheidende Rolle. Sie ist im wesentlichen abhängig von der Motiva-

tion, denn es ist nur schwer vorstellbar, daß man ohne die notwendige Motivation für eine Aufgabe die entsprechende Konzentration dafür aufbringen kann. Für die Annahme, daß die Handballspieler die Reaktionsaufgaben mit mehr Konzentration absolvierten als die Nichtsportler, gibt es vor allem drei Erklärungsmöglichkeiten. Erstens der bereits oben erwähnte Versuchsleiterereffekt, zweitens die Tatsache, daß eine im Sport besonders hoch angesehene Fähigkeit getestet werden sollte, und drittens, daß die Sportler durch regelmäßiges Training und Wettkampf eine gewissermaßen trainierte Fähigkeit zur Konzentration auf eine vorgeschriebene Aufgabe besitzen.

Gerade die Konzentrationsfähigkeit ist eine für den Erfolg im Leistungssport unabdingbare Voraussetzung, die deswegen im täglichen Training gezielt geschult wird. Man könnte sie als die Fähigkeit bezeichnen, sich von allen im Moment eher unwichtigen geistigen und körperlichen Beschäftigungen freizumachen, um ein Maximum an geistiger und körperlicher Energie zielgerichtet in eine vorgegebene Aufgabe einfließen zu lassen. Für die Reaktionsaufgaben würde das heißen, daß beispielsweise jede gedankliche Beschäftigung mit persönlichen Problemen, oder auch nur ein "Sich am Kopf Kratzen" im Moment der geforderten Reaktion zu einer gestörten Konzentration führt, wodurch eine maximal schnelle Reaktion unmöglich wird.

Zur Beurteilung der Konstanz der Reaktion kann man die Standardabweichungen heranziehen und als zusätzliches Maß zur Abschätzung der Konzentrationsfähigkeit verwenden. Nur wenn man über die gesamte Versuchsdauer die Konzentration halten konnte, ist es möglich, sehr schnell, aber auch besonders gleichmäßig zu reagieren. Sobald die

Konzentration nachläßt, resultiert eine Verteilung, die zwar noch vereinzelt schnelle Reaktionen aufweist, aber zu einem größeren Teil zeigen sich Reaktionszeiten, die bis zu drei Standardabweichungen vom individuellen Mittelwert abweichen.

Die Auswahl der 20 schnellsten Reaktionen in den beiden Tests über Einfachreaktionen ergab jeweils etwa 15 ms Vorsprung der Handballspieler gegenüber den Nichtsportlern. Unter der Annahme, daß für diese maximal schnellen Reaktionen beide Personenstichproben gleichermaßen optimal reagiert haben, muß man die Ursache für die gemessenen Unterschiede in der gegliederten Zusammensetzung der Reaktionszeit suchen (vgl. S. 3).

Auszuschließen ist, daß solch eine Differenz durch unterschiedlich schnelle Nervenleitgeschwindigkeit im afferenten oder efferenten Schenkel der Reizleitung bedingt sind. Auch scheint es nicht möglich, daß die besseren Reaktionszeiten durch eine beschleunigte chemische Reizübertragung mit Azetylcholin an der Muskelplatte zustande kommen. Demnach muß es zu Veränderungen auf der Ebene der zentralen und/oder der physikalischen Latenzzeitkomponente und damit der Muskelkontraktion kommen.

Die zentrale Komponente mit Verarbeitung des peripheren Impulses einschließlich der Entwicklung eines motorischen Programms, läßt sich höchstwahrscheinlich durch regelmäßiges sportliches Training beeinflussen. Die beschleunigte Informationsverarbeitung könnte man im Sinne einer Bahnung von Impulsen, die als motorisches Programm die Extremitätenmuskulatur ansteuern, interpretieren. Dies wird verständlich, wenn man sich vorstellt, daß dem Sportler in den meisten Sportarten ständig eine Vielzahl

von visuellen, akustischen und taktilen Reizen geboten wird, auf die er mit adäquaten Bewegungen möglichst rasch reagieren muß.

Daß sich unter diesen Umständen ein Übungseffekt auf das Zentralnervensystem nachweisen läßt, der Ausdruck in einer verbesserten Reaktionszeit findet, erscheint deshalb durchaus möglich. Zum besseren Verständnis sei folgendes Beispiel angeführt. Ein Klavierspieler-Schüler wird beim ersten Üben ein neues Stückes langsam, stockend und mit Fehlern spielen. Durch tägliche Übung wird sein Spiel jedoch besser, bis er das Stück fehlerfrei und im richtigen Tempo spielen kann. Die Ursache dieser Verbesserung ist dabei neben einer möglichen direkten Verbesserung im Bereich der Fingermuskulatur, vor allem ein beschleunigter Informationsfluß zwischen zentralnervösen Strukturen und dem peripheren Erfolgsorgan. So steuert ein effektiveres motorisches Programm die Hände an und läßt "die Finger richtig klavierspielen". Die Verbesserung liegt im wesentlichen also im Zentralnervensystem und kann als beschleunigte Informationsverarbeitung nach regelmäßiger Übung aufgefaßt werden.

Kleine Veränderungen könnten sich auch auf Muskelebene ergeben, so daß eine verkürzte Latenzzeitkomponente resultiert. Bedenkt man, wie sich die Muskulatur nach intensivem Training äußerlich erkennbar durch Größenzunahme verändert, so ist es auch vorstellbar, daß sich im mikroskopischen Bereich neben schon bekannten strukturellen Veränderungen Abweichungen ergeben. Diese müßten sich im System der kontraktilen Aktin-Myosin-Filamente befinden und dort in noch unbekannter Weise zu einer beschleunigten Muskelkontraktion führen. Dadurch würde sich die Zeitspanne verkürzen, die verstreicht, um ein

Organ von einem Ort zum anderen zu bewegen. Um diesen Betrag im Bereich von Millisekunden reduziert sich dann die Reaktionszeit. Die beschleunigte zentrale Informationsverarbeitung dürfte jedoch den peripheren Übungseffekt an der Muskulatur in seiner Wirkung auf die Reaktionszeit deutlich übertreffen.

In allen bisherigen Überlegungen wurden die Unterschiede zwischen Handballspielern und Nichtsportlern auf erworbene Verbesserungen zurückgeführt. Es darf jedoch nicht die Möglichkeit unberücksichtigt bleiben, daß man es auch mit angeborenen Unterschieden zu tun haben kann. Nach dieser Argumentation wäre die Personenstichprobe der Handballspieler eine in frühen Kindheits- und Jugendjahren selektionierte Gruppe, deren Mitglieder aufgrund besonderer sportlicher Fähigkeiten, darunter möglicherweise auch eine gute Reaktionsschnelligkeit, Handballspieler geworden sind. Es stellt sich also die Frage, ob die Handballspieler nicht eine Gruppe von Individuen repräsentieren, die von Natur aus besonders für den Leistungssport geeignete Qualitäten aufweisen, oder ob sie diese erst im Verlauf ihres sportlichen Werdegangs durch regelmäßiges Training entwickelt haben.

Diese Frage läßt sich nur insoweit allgemein beantworten, als die Handballspieler auf diesem Leistungsniveau sicherlich über ein besonderes Talent für diesen Sport - was auch immer dies beinhalten sollte - verfügen. Denn es ist nicht jedem bei noch soviel Training möglich, ohne entsprechende angeborene Dispositionen diesen Leistungsstand zu erreichen.

Vergleicht man die Reaktionszeiten, die die Handballspieler in den Wahlreaktionsbedingungen mit zwei verschie-

denen auditiven Reizen in ein Ohr erzielten, so kann man eine Differenz von etwa 16 ms zugunsten der rechten Hand erkennen. Bei den Nichtsportlern waren diese Werte für die rechte und linke Hand annähernd gleich. Der Unterschied zwischen rechter und linker Hand bei den Handballspielern ist zwar nicht signifikant, aber zumindest als auffälliger Trend einzustufen. Man kann vermuten, daß das sportliche Training und dabei die besondere Übung der rechten Hand zur Optimierung reizverarbeitender Systeme führt, die im unmittelbaren oder mittelbaren Zusammenhang zur Händigkeit stehen. Diese Verbesserungen sind möglicherweise durch Veränderungen im Zentralnervensystem bedingt, die im Sinne einer Bahnung den Informationsfluß zu den repräsentativen motorischen Gebieten im Gyrus praecentralis beschleunigen. Andererseits muß man auch in Betracht ziehen, daß sich der ermittelte Zeitvorsprung ganz oder zum Teil auf der Grundlage einer verbesserten muskulären Funktion des viel trainierten rechten Arms bzw. der rechten Hand ergibt.

Untersuchungen mit dem Ziel, Gleiches für Linkshänder festzustellen, könnten dazu beitragen, mögliche Auswirkungen intensiven sportlichen Trainings auf die Händigkeit zu sichern. Wahrscheinlich würde der Händigkeitsvorteil bei der Untersuchung komplexer Bewegungsabläufe wesentlich deutlicher nachweisbar sein.

In bisherigen Reaktionszeitversuchen wurde die akustische Reaktionszeit im Mittel um ca. 40 ms schneller gemessen als die visuelle Reaktionszeit. Dies wurde vor allem auf die verlängerte Transduktionszeit für visuelle Stimuli in der Retina zurückgeführt. Subtrahiert man in dieser Studie die Aufleuchtzeit der Wolframbirne von den visuellen Reaktionszeiten, so gleichen sich akustische und visuelle

Reaktionszeiten in beiden Personenstichproben an. Wahrscheinlich ist dies dadurch bedingt, daß der auditive Stimulus nicht mit einem vergleichbar hohen Energieniveau wie der visuelle Stimulus präsentiert wurde, denn der Einfluß der Reizintensität auf die Reaktionsschnelligkeit ist nicht unerheblich, wie in anderen Studien nachgewiesen wurde.

4.4. Fehleranalyse in den Wahlreaktionsbedingungen

Die Gesamt-Fehlersumme aus allen drei Wahlreaktionsbedingungen ist für die Handballspieler und Nichtsportler ungefähr gleich. Der Unterschied von 72 Fehlern zugunsten der Nichtsportler ist nicht signifikant. Für beide Personenstichproben läßt sich nachweisen, daß die Richtigkeit der Reaktion zu Lasten der Schnelligkeit geht. Dies ist verständlich, da natürlich bei längerer Entscheidungszeit die Reaktionszeit entsprechend langsamer wird. Umgekehrt unterlaufen jedoch mehr falsche Reaktionen, wenn immer versucht wird, maximal schnell zu reagieren.

Beim Vergleich der Wahlreaktionsbedingungen, in denen jeweils nur ein Ohr mit zwei verschiedenen auditiven Stimuli gereizt wurde und die Reaktion mit der seitengleichen Hand erfolgte, fiel folgendes auf: In beiden Personenstichproben wurden in der Bedingung, in der das linke Ohr gereizt wurde und mit der linken Hand reagiert wurde, bei Präsentation des tiefen Tons deutlich mehr Fehler gemacht als bei hohem Ton. Dieser Lateralitätsunterschied legt nahe, daß unterschiedliche Information einer Modalität von beiden Hemisphären in unterschiedlicher Weise verarbeitet werden. Während bei linkshemisphärischer Reizung alternative akustische Stimuli

offenbar gleichwertig analysiert werden, trifft das für die rechte Hemisphäre nicht zu. Möglicherweise liegt diesem Phänomen eine Strategie zugrunde, nach der die Versuchspersonen Präferenz auf eine schnelle Reaktion bei hohem Ton legen.

4.5. Reaktionszeiten und Intelligenz

Die besseren Reaktionszeiten der Handballspieler wurden vor allem auf eine beschleunigte zentrale Informationsverarbeitung zurückgeführt. Die Schnelligkeit des Informationstransports im Zentralnervensystem ist sicherlich ein wichtiges Kriterium zur Beurteilung menschlicher Intelligenz. So kann man folgern, daß die beschleunigte Informationsverarbeitung eine auf die Intelligenz förderliche Wirkung hat. Jensen (1973, 1982), der eine signifikant positive Korrelation zwischen Intelligenz und Reaktionszeiten feststellte, kam zu dem Schluß, daß die Intelligenz wesentlich allgemeinere und profundere Fähigkeiten beinhaltet als nur geistige Qualitäten und Handfertigkeiten, die man sich in der Schule oder einem kultivierten Zuhause aneignen konnte. Auch Vernon (1981) untersuchte Reaktionszeiten, jedoch bei jungen retardierten Erwachsenen und folgerte aus seinen Ergebnissen: "Man muß von der Meinung Abstand nehmen, daß Intelligenz - wie sie anhand von Werten aus IQ-Tests bemessen wird - im Großen und Ganzen die Summe allen individuellen Wissens und der individuellen Erfahrung ist. Es scheint vielmehr so zu sein, daß ein signifikanter Anteil von individuellen Intelligenzunterschieden mit der Geschwindigkeit und Effizienz der Informationsverarbeitung, wie sie die Reaktionszeiten widerspiegeln, verbunden ist." Schließt man sich dieser Argumentationsweise an, so darf man

schlußfolgern, daß intensive sportliche Tätigkeit auch einen förderlichen Einfluß auf das hat, was man unter "Intelligenz" versteht.

V. Zusammenfassung

Hauptanliegen dieser Arbeit war die Untersuchung der Frage, ob Leistungssportler, hier speziell Handballspieler, signifikant bessere Reaktionszeiten erzielen als Nichtsportler. Zusätzlich wurden Untersuchungen durchgeführt, um Unterschiede zwischen beiden Personenstichproben bezüglich der Auswirkungen der Reaktionsversuche auf das Wohlbefinden festzustellen und um gegebenenfalls unterschiedliche Click-Fusionsschwellen zu überprüfen.

Durch die Reaktionszeitversuche konnte nachgewiesen werden, daß die Handballspieler sowohl in ihrer Reaktionsgeschwindigkeit als auch in ihrer Gleichmäßigkeit der Reaktion, meßbar durch die Varianz, den Nichtsportlern deutlich überlegen sind. Die Unterschiede werden auf angeborene Fähigkeiten und auf Trainingseffekte, die vermutlich eine Beschleunigung von informationsverarbeitenden Prozessen bewirken, zurückgeführt.

Außerdem konnte festgestellt werden, daß bei den Handballspielern ein Händigkeitsvorteil besteht, während die Nichtsportler mit rechter und linker Hand nahezu identische Ergebnisse erzielten. Als Ursache wird die sportbedingte vermehrte zentrale und periphere Beanspruchung des rechten Arms bzw. der rechten Hand angesehen.

Beim Vergleich von rein auditiven Wahlreaktionsbedingungen mit Stimulation von nur einem Ohr mit zwei verschiedenen auditiven Stimuli und Reaktion mit der seitengleichen Hand zeigte sich für beide Personenstichproben ein Unterschied zwischen rechts und links bezüglich der fehlerhaften Reaktionen. Es wird vermutet, daß die

linke Gehirnhemisphäre unterschiedliche Informationen einer Modalität genauer analysiert und verarbeitet als die rechte Hemisphäre.

Setzte man die Reaktionsschnelligkeit und die Fehleranzahl zueinander in Beziehung, so ließ sich nachweisen, daß eine ausgeprägte Schnelligkeit zulasten der Richtigkeit bei Wahlreaktionen geht, d.h. je schneller eine Versuchsperson reagiert, desto mehr Fehler unterlaufen ihr im Rahmen aller Wiederholungen. Dies gilt für Handballspieler wie auch für Nichtsportler.

Ein weiterer Untersuchungsteil beschäftigte sich mit den Auswirkungen der Reaktionszeitversuche auf das subjektive Wohlbefinden. Dabei konnte kein grundsätzlicher Unterschied zwischen Handballspielern und Nichtsportlern festgestellt werden. Befand sich eine Versuchsperson zu Beginn der Sitzung in einer eher schlechten Befindenslage, so führten die Reaktionszeitversuche zu keiner weiteren Befindensverschlechterung. Für Versuchspersonen, die sich vor der Sitzung eher wohl fühlten, konnte ein deutlicher Trend zur Befindlichkeitsverschlechterung durch die Anstrengungen der Reaktionszeitversuche nachgewiesen werden. Dabei war dieser Trend bei den Handballspielern ausgeprägter als bei den Nichtsportlern. Als Ursache dafür wird angesehen, daß die Reaktionszeitversuche bei optimaler Durchführung ein hohes Maß an Motivation und Konzentration erforderten, was nach einer Stunde Versuchsdauer zu psychischer und physischer Ermüdung führte, meßbar in Form der Befindlichkeitsverschlechterung. Daß dies bei den Handballspielern deutlicher erkennbar war, kann damit erklärt werden, daß sie aus Gründen wie sportlicher Ehrgeiz und trainierter Konzentrationsfähigkeit mit höherem Einsatz zu Werke gingen als die

Nichtsportler und deswegen vermutlich mehr erschöpft waren.

Die Messung der Click-Fusionsschwellen für beide Gruppen ergab keine Unterschiede. Dies kann als Hinweis dafür gewertet werden, daß es elementare Wahrnehmungsfunktionen gibt, die bei allen im wesentlichen gleich angelegt sind und durch äußere Einflüsse wie zum Beispiel sportliches Training nicht beeinflußt werden können.

In beiden Personenstichproben wurden für das rechte und linke Ohr unterschiedliche Fusionsschwellen gemessen. Dieses bereits bekannte Phänomen wird so erklärt, daß nicht beide Hemisphären gleich kompetent sind, wenn es darum geht, feine zeitliche Unterscheidungen zu treffen. Vermutlich findet diese Unterscheidung in der linken Gehirnhemisphäre statt, so daß periphere Informationen von der rechten Körperhälfte, die in die linke Hemisphäre weitergeleitet werden, dort dann schneller verarbeitet werden. Deswegen liegt die Fusionsschwelle für das rechte Ohr niedriger als für das linke Ohr.

In Anlehnung an Ergebnisse von Jensen (1979, 1982), der eine signifikant positive Korrelation zwischen dem Intelligenzquotienten und Reaktionszeiten nachweisen konnte, wird angenommen, daß das intensive sportliche Training eine intelligenzfördernde Wirkung hat. Die verbesserten Reaktionszeiten der Handballspieler lassen diesen Schluß zu, und zudem wird die Annahme bekräftigt, daß eine beschleunigte zentrale Informationsverarbeitung bei der multifaktoriellen Genese der menschlichen Intelligenz eine entscheidende Rolle spielt.

VI. Literatur

- Bleuler, E.: Lehrbuch der Psychiatrie. Berlin, Heidelberg, New York. Springer Verlag. (1969)
- Efron, R.: The effect of handedness on the perception of simultaneity and temporal order. Brain, 86, 261-284. (1963)
- Ekman, G.: In: D. Katz, Handbuch der Psychologie. Basel, Stuttgart. Verlag Benno Schwabe & Co. (1960)
- Gleitman, H.: Psychologie. New York. Norton & Co. (1981)
- Hofstätter, P.R.: Psychologie. Frankfurt, Fischer Bucherei. (1957)
- Hofstätter, P.R.: Psychologie zwischen Kenntnis und Kult. München, Oldenburg-Verlag. (1984)
- Jensen, A.: g: Outmoded Theory or Unconquered Frontier? Creative Science & Technology. Vol.II, 3, 16-29. (1979)
- Jensen, A.: Reaction Time and Psychometric g., aus H.J. Eysenck (Ed.): A Model for Intelligence. Berlin, Heidelberg, New York. (1982)
- Lackner, J., Teuber, H.: Alterations in auditory fusion thresholds after cerebral injury in man. Neuropsychologie, 11, 409-415. (1973)
- Pöppel, E., Aschoff, J., Giedke, H.: Tagesperiodische Veränderungen der Reaktionszeit bei Wahlreaktionen. Zeitschrift für experimentelle und angewandte Psychologie. Bd.XVII, 4, 537-552. (1970)
- Pöppel, E.: Paradoxe Wirkungen sportlicher Tätigkeit auf das psychische Befinden am Beispiel Squash und Volleyball. Münchener Medizinische Wochenschrift. 122, Jahrgang Nr.28. (1980)
- Pöppel, E.: Lust und Schmerz. Neuronale Grundlagen menschlichen Erlebens und Verhaltens. Severin und Siedler, Berlin. (1982)

- Pöppel, E.: Grenzen des Bewußtseins. Über Wirklichkeit und Welterfahrung. Stuttgart, Deutsche Verlagsanstalt. (1985)
- Ritzdorf, W.: Visuelle Wahrnehmung und Antizipation. Schriftenreihe des Bundesministeriums für Sportwissenschaften. Bd.45. Schorndorf. Verlag Karl Hofmann. (1982)
- Rüssel, H.: Psychomotorik, Empirie und Theorie der Alltags-, Sport- und Arbeitsbewegungen. Darmstadt. Steinkopff. (1976)
- Schulte, W., Tölle, R.: Psychiatrie. Berlin, Heidelberg, New York. Springer Verlag. (1973)
- Siegel, S.: Nonparametric Statistics for the Behavioral Sciences. New York, Toronto, London. McGraw-Hill Book Company, Inc. (1956)
- Stern, W., Claparède, E.: In: D. Katz, Handbuch der Psychologie. Basel, Stuttgart. Verlag Benno Schwabe & Co. (1960)
- Vernon, P.A.: Reaction Time and Intelligence In the Mentally Retarded. Intelligence 5, 345-355. (1981)
- Zerssen, v. D., Koeller, D.M.: Die Befindlichkeitsskala. Parallelformen Bf-S und Bf-S'. Weinheim. Beltz-Testgesellschaft. (1975)

Lebenslauf

- Geboren: 24.01.1959 in Bochum
- Eltern: Dr.med. Felix Anthuber und Charlotte Anthuber,
geborene Fuchs
- 1965-1969 Besuch der Volksschule in Simbach/Inn
- 1969-1978 Besuch des mathematisch-naturwissenschaft-
lichen Tassilo-Gymnasiums in Simbach/Inn
- 1978 Abitur
- 1978-1979 Zivildienst am Klinikum rechts der Isar der
Technischen Universität München
- 1979 Beginn des Studiums der Humanmedizin an der
Ludwig-Maximilians-Universität München
- 1984-1985 Praktisches Jahr
1. Tertial: Chirurgische Universitätsklinik im
Klinikum Großhadern.
Vorstand: Prof. Dr. G. Heberer
2. Tertial: Gynäkologische Universitätsklinik
im Klinikum Großhadern.
Vorstand: Prof. Dr. H. Hepp
3. Tertial: II. Medizinische Klinik im Klinikum
Großhadern.
Vorstand: Prof. Dr. G. Paumgartner
- 1985 Abschluß des Studiums der Humanmedizin
- seit 02.12.1985 angestellt als wissenschaftliche
Hilfskraft in der Herzchirurgischen Klinik der
Ludwig-Maximilians-Universität München im
Klinikum Großhadern
- 1981-1986 Doktorand am Institut für Medizinische
Psychologie der Ludwig-Maximilians-Universi-
tät München.
Vorstand: Prof. Dr. E. Pöppel

